

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-227075

(43)公開日 平成7年(1995)8月22日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 K 37/14	5 3 5 F			
	B			
5/24	Z			
16/04				

審査請求 未請求 請求項の数 3 F D (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平6-31999

(22)出願日 平成6年(1994)2月4日

(71)出願人 000228730

日本サーボ株式会社

東京都千代田区神田美土代町7

(72)発明者 坂本 正文

群馬県桐生市相生町3-93 日本サーボ株式会社桐生工場内

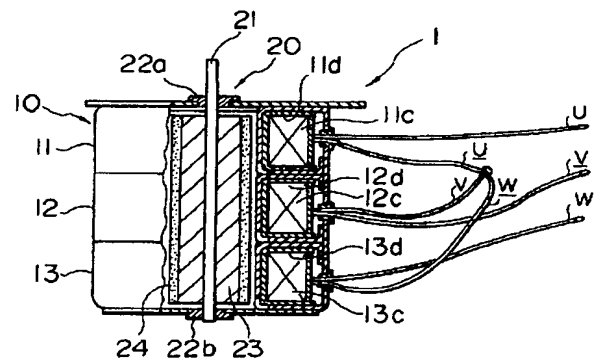
(74)代理人 弁理士 斎藤 春弥 (外1名)

(54)【発明の名称】 環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータ

(57)【要約】

【目的】 回転時における振動発生を改善するとともに、安価に構成できる環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータを提供する。

【構成】 環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータにおいて、3組の単位固定子11、12、13のコイル11c、12c、13cのうち1組のコイルの巻方向が逆になるように構成、又は接続し、かつスター結線、又はデルタ結線に構成した。この場合、極歯間ピッチは、たとえば極歯11aに対して極歯12aを60度順次偏位させるが、これに代えて極歯11aに対して極歯12bを、また極歯11bに対して極歯12aを夫々60度偏位させるようにする等の変形も考えられる。なお、3組の単位固定子11、12、13のそれぞれに設けた極歯11a、11b、12a、12b、13a、13bは機械角で(180/M)度の基準形成ピッチに対して交互に $0 \leq \theta \leq 36$ (度)を満足する電気角 θ 度偏位させて形成するのが望ましい。



1：モータ(環状コイル式3相クローポール式永久磁石ステッピングモータ)

10：固定子

11、12、13：固定子(単位固定子)

11a、11b、12a、12b、13a、13b：極歯

11c、12c、13c：環状コイル

20：回転子

24：円筒磁石

1

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 環状コイルを形成して、その両先端部を相互に所定間隔を隔てて平行、かつ交互に組合わされるようにして M 対の極歯を設け、前記コイルに電流を供給することによって、該極歯が互いに異極性に磁化されるように形成して、それぞれを回転子軸方向に縦列に配置して構成した 3 組の固定子と、この固定子の内部に前記極歯に対しラジアル方向に所定間隔を隔てて回転自在に軸支され、その表面に計 2 M 個の磁極を N、S 交互に着磁した円筒状の回転子とを設け、前記 3 組の各相固定子の出力軸側に形成した極歯は回転子表面に着磁した磁極を基準にして軸方向に隣接する固定子相の極歯に対して電気角で 60 度（機械角で 60 度 / M）順次偏位させるか、上記 3 組の固定子の各相極歯は同位置で回転子の磁極を固定子各相極歯に対して 60 度ずらして構成した環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータをスター結線又はデルタ結線の 3 端子駆動する方式において、前記 3 組の固定子のコイルのうち 1 組のコイルの巻方向又は結線方向を他の 2 組のコイルと逆になるように構成したことを特徴とする環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータ。

【請求項 2】 環状コイルを形成して、その両先端部を相互に所定間隔を隔てて平行、かつ交互に組合わされるようにして M 対の極歯を設け、前記コイルに電流を供給することによって、該極歯が互いに異極性に磁化されるように形成して、それぞれを回転子軸方向に縦列に配置して構成した 3 組の固定子と、この固定子の内部に前記極歯に対しラジアル方向に所定間隔を隔てて回転自在に軸支され、その表面に計 2 M 個の磁極を N、S 交互に着磁した円筒状の回転子とを設け、前記 3 組の各相コイルは各々の巻終わり端を短絡したスター結線又は巻始め端と他相の巻終わり端を順次環状に結線し、その接続部を入力端子とするデルタ結線の 3 端子入力方式とし、2 相励磁時、2 組のコイルの発生する回転子軸方向の磁束の向きが常に逆方向としたとき、互いに隣接する 2 相の隣接する出力側極歯と反出力側極歯を回転子表面に着磁した磁極を基準にして、電気角で 60 度（機械角で 60 度 / M）順次偏位させるか、上記 3 組の固定子極歯の隣接する 2 相の隣接する出力側極歯と反出力側極歯を同位置とし、回転子の磁極を固定子各相極歯に対し 60 度順次偏位させたことを特徴とする環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータ。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 記載の 3 組の固定子それぞれに設けた極歯は、機械角で $(180/M)$ 度の基準形成ピッチに対して、交互に下記式を満足する電気角 θ 度偏位させて形成した環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータ。

$$0 \leq \theta \leq 36 \text{ (度)}$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

2

【産業上の利用分野】 本発明は、環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータに係り、特に、レーザビームプリンタのドラム駆動や複写機のスキャナ駆動等に最適、低価格、低騒音、低振動の環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 ステッピングモータには各種の構造のものがあるが、レーザビームプリンタのドラム駆動や複写機のスキャナ駆動等に用いられるステッピングモータには、例えば図 9 にその基本構造を略示するような 3 相式ハイブリッド形ステッピングモータ（以下 H B 形モータと略記する）をスター結線に接続して駆動する場合がある。図 9 は 3 相 H B 形モータの断面を示す概念図に、外部電気回路の構成を記した電気磁気機能を説明する 3 相 H B 形モータの駆動回路を含む機能説明図である。図 9 において、3 相 H B 形モータ 30 の固定子 31 には第 1 の極歯 31 a、第 2 の極歯 31 b、第 3 の極歯 31 c が形成され、各極歯 31 a、31 b、31 c にはそれぞれ同一方向に巻かれた第 1 のコイル 32 a、第 2 のコイル 32 b、第 3 のコイル 32 c が構成されている。各コイル 32 a、32 b、32 c に図 10 に記すように順次通電することにより永久磁石によって構成された回転子 33 が回転する。

【0003】 各コイル 32 a、32 b、32 c の所定の端部、例えば、各コイルの巻終わり部 U、V、W は相互に接続されている。また、第 1 のコイル 32 a の上述とは逆側の端部、例えば、巻始め部 U は所定の電源回路 B とグランド G 間に直列に接続した第 1 のスイッチング素子 T1 と第 2 のスイッチング素子 T2 の接続点に接続されている。同様に、第 2 のコイル 32 b の巻始め部 V は所定の電源回路 B とグランド G 間に直列に接続した第 3 のスイッチング素子 T3 と第 4 のスイッチング素子 T4 との接続点に、第 3 のコイル 32 c の巻始め部 W は所定の電源回路 B とグランド G 間に直列に接続した第 5 のスイッチング素子 T5 と第 6 のスイッチング素子 T6 との接続点に接続されている。従って、3 相 H B 形モータ 30 の各コイル 32 a、32 b、32 c はスター結線に接続されている。

【0004】 図 10 は、上述した各スイッチング素子の時間経過によって変化する導通の組合わせ状態を示す説明図である。同図において、縦方向に記す欄内の数値はスイッチング素子の導通切換え順序を示し、横軸には各スイッチング素子の符号を記して、各縦横各欄の交点に当たる枠内に記す丸印は、そのタイミングにおいて導通されるスイッチング素子を示している。同図の最上欄には、第 1 のスイッチング素子 T1 と第 4 のスイッチング素子 T4 が導通された状態を示している。即ち、最上欄のタイミングにおいては、電源 B から第 1 のスイッチング素子 T1、第 1 のコイル 32 a、第 2 のコイル 3

2 b, 第4のスイッチング素子T4を経てグランドとの間に形成された回路に電流が流れる。従って, 第1の極歯31 aに磁極Nが第2の極歯31 bに磁極Sが形成される。従って, 回転子33の磁極Nと磁極Sは固定子31に形成された磁極Nと磁極Sに吸引されて図9 (A) に示す位置で停止する。

【0005】次に, 図10の上から2番目の欄に示すように第4のスイッチング素子T4と第5のスイッチング素子T5が導通されると, 第2のコイル32 bと第3のコイル32 cに通電されて, 第3の極歯31 cに磁極Nが, 第2の極歯31 bに磁極Sが形成されて回転子33が図9 (B) に示すように時計方向に60度回転する。同様に, 図10に示す順序で連続して各スイッチング素子を切換え通電することによって, 固定子の各極歯に形成される磁極が回転して固定子31の内部に回転磁界を形成し, 回転子33が連続して回転する。上述のように3相H B形モータは3個のコイルのすべての両端子に外部回路を接続することなく3端子のモータとして形成できるので, 外部のスイッチング回路も含め, 安価なアクチュエータとして使用できる。

【0006】図11には, 同一構成の環状コイルを, 3個回転軸方向にカスケード状に配置構成した環状コイル式3相クロール式永久磁石ステッピングモータを示している。同図において, 固定子40は3個の単位固定子41, 42, 43から成りたっていて, 第1の単位固定子41には第1の環状コイル41 cがヨーク41 d内に巻かれている。同様に, 第2の単位固定子42には第2の環状コイル42 cがヨーク42 d内に巻かれ, 第3の単位固定子43には第3の環状コイル43 cがヨーク43 d内に巻かれている。各ヨークはそれぞれ環状コイルを囲んで折り曲げた内側において, 左右から所定間隙を設けて極歯(図示せず)を形成している。この極歯は, それぞれコイルに通電することによって異極性に磁化される。このような極歯の構成は一般に, クロールと呼ばれている。固定子40は, 上述した3組の各環状コイル41 c, 42 c, 43 cを巻き込んだヨーク41 d, 42 d, 43 dが積み重なって円筒状に構成されるとともに各コイルは同一方向に巻かれている。

【0007】第1の環状コイル41 cの巻始め部Uは, 所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T a1とT a2との接続点に接続されており, 第1の環状コイル41 cの巻終わり部Vは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T b1とT b2との接続点に接続されている。同様に, 第2の環状コイル42 cの巻始め部Vは, 所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続されたスイッチング素子T a3とT a4との接続点に接続されていて, 巻終わり部Vは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T b3とT b4との接続点に接続されている。また, 第3の環状コイル43 cの巻始め部

Wは, 所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続されたスイッチング素子T a5とT a6との接続点に接続されていて, 巻終わり部Wは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T b5とT b6との接続点に接続されている。

【0008】上述した円筒状の固定子40の中央の空間には固定子40の内面との間に所定の空隙を隔てて回転子50の回転軸51が軸受52 a, 52 bによって回転自在に軸支されている。回転子50は中子53を介して外周部に, 回転軸方向に平行に磁極N, Sを所定の等ピッチで着磁した円筒磁石54を形成している。前述した各スイッチング素子を順次適切に組合わせて導通することによって各環状コイルに順次通電し, 固定子40内面の各極歯(図示せず)を順次磁化することによって回転磁界を形成し, 回転子50の磁極を吸引して回転させる。

【0009】また, 図12に示す環状コイル式2相クロール式永久磁石ステッピングモータも使用されている。図12に同一構成の環状コイルを2個回転軸方向にカスケード状に配置構成した構造の環状コイル式2相クロール式永久磁石ステッピングモータを示している。同図において, 固定子60は2個の単位固定子61, 62から成りたっていて, 第1の単位固定子61には第1の環状コイル61 cがヨーク61 d内に巻かれている。同様に, 第2の単位固定子62には第2の環状コイル62 cがヨーク62 d内に巻かれている。各ヨークは, それぞれ環状コイルを囲んで折り曲げた内側において, 左右から所定間隙を設けて極歯(図示せず)を設けたクロールを形成している。極歯はそれぞれコイルに通電することによって異極性に磁化される。上述した固定子60は上述した2組の環状コイル61 c, 62 cが積み重なるように構成されるとともに各コイルが同一方向に巻かれている。

【0010】第1の環状コイル61 cの巻始め部Rは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T a1とT a2との接続点に接続しており, 第1の環状コイル61 cの巻終わり部Rは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T b1とT b2との接続点に接続されている。同様に, 第2の環状コイル62 cの巻始め部Sは, 所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T a3とT a4との接続点に接続されていて, 巻終わり部Sは所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続されたスイッチング素子T b3とT b4との接続点に接続されている。

【0011】上述した円筒状の固定子60の中央の空間には固定子60の内面との間に所定の空隙を隔てて回転子70の回転軸71が軸受71 a, 71 bによって回転自在に軸支されている。回転子70は中子73を介して外周部に, 回転軸方向に平行に磁極N, Sを所定の等ピ

ッチで着磁した円筒磁石 7 4 を形成している。上述の各スイッチング素子を順次適切に導通することによって各環状コイルに順次通電し、固定子 6 0 の内面の各極歯（図示せず）を順次磁化することによって回転磁界を形成し、回転子 7 0 の磁極を吸引して回転させる。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図 9、図 10 によって前述したような 3 相 H B 形ステッピングモータ 3 0 の構造とコイル電流の供給方法であると、コイルへの給電回路は安価になるが、3 相 H B 形ステッピングモータ自体は構造が複雑で高価なものになる。図 11 に示した環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータの場合は構造が簡単で安価になるが、コイルへの給電がコイルの両端を切り換える必要がある 6 端子駆動なので、12 個のスイッチング素子を制御する必要があるが、給電回路が複雑で高価になるという問題点があった。また、図 12 に示す環状コイル式 2 相クロール式永久磁石ステッピングモータは同タイプの 3 相モータよりも安価になるが、コイルへの給電がコイルの両端を切り換える必要がある 4 端子駆動なので、8 個のスイッチング素子を制御する必要があるが、また、鎖交磁束の第 3 次高調波の影響をうけるために回転振動が大きいという問題点があった。本発明は上記従来の課題（問題点）を解決し、回転時における振動発生を改善するとともに安価に構成できる環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータを提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明に基づく環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータは、上記課題を解決するために、環状コイルを形成して、その両先端部を相互に所定間隔を隔てて平行、かつ交互に組合わされるようにして M 対の極歯を設け、前記コイルに電流を供給することによって、該極歯が互いに異極性に磁化されるように形成して、それぞれを回転子軸方向に縦列に配置して構成した 3 組の固定子と、この固定子の内部に前記極歯に対しラジアル方向に所定間隔を隔てて回転自在に軸支され、その表面に計 2 M 個の磁極を N、S 交互に着磁した円筒状の回転子とを設け、前記 3 組の各相固定子の出力軸側に形成した極歯は回転子表面に着磁した磁極を基準にして軸方向に隣接する固定子相の極歯に対して電気角で 60 度（機械角で 60 度/M）順次偏位させるか、上記 3 組の固定子の各相極歯は同位置で回転子の磁極を固定子各相極歯に対して 60 度ずらして構成した環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータをスター結線又はデルタ結線の 3 端子駆動する方式において、前記 3 組の固定子のコイルのうち 1 組のコイルの巻方向又は結線方向を他の 2 組のコイルと逆になるように構成した。この場合、環状コイルを形成して、その両先端部を相互に所定間隔を隔て

て平行、かつ交互に組合わされるようにして M 対の極歯を設け、前記コイルに電流を供給することによって、該極歯が互いに異極性に磁化されるように形成して、それぞれを回転子軸方向に縦列に配置して構成した 3 組の固定子と、この固定子の内部に前記極歯に対しラジアル方向に所定間隔を隔てて回転自在に軸支され、その表面に計 2 M 個の磁極を N、S 交互に着磁した円筒状の回転子とを設け、前記 3 組の各相コイルは各々の巻終り端を短絡したスター結線又は巻始め端と他相の巻終り端を順次環状に結線し、その接続部を入力端子とするデルタ結線の 3 端子入力方式とし、2 相励磁時、2 組のコイルの発生する回転子軸方向の磁束の向きが常に逆方向としたとき、互いに隣接する 2 相の隣接する出力側極歯と反出力側極歯を回転子表面に着磁した磁極を基準にして、電気角で 60 度（機械角で 60 度/M）順次偏位させるか、上記 3 組の固定子極歯の隣接する 2 相の隣接する出力側極歯と反出力側極歯を同位置とし、回転子の磁極を固定子各相極歯に対し 60 度順次偏位させるように構成しても良い。また、これらの構成において、3 組の固定子それぞれに設けた極歯は、機械角で（180/M）度の基準形成ピッチに対して、交互に下記式を満足する電気角 θ 度偏位させて形成することが望ましい。

$$0 \leq \theta \leq 36 \text{ (度)}$$

【0014】

【作用】本発明は、上述のように環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータを構成し、また、そのコイルをスター結線又はデルタ結線に接続したので、単純な構造の環状コイルと、プレス加工で実現可能なクロール形極歯とを備えた固定子と、フェライト磁石等の円筒形磁石によって形成できる回転子によって構成された安価な構造のモータを使用して、スター結線、又はデルタ結線の接続による 3 端子駆動による安価な駆動用のスイッチング回路が形成できる。3 組の固定子それぞれに設けた極歯を、機械角で（180/M）度の基準形成ピッチに対して、電気角で交互に 0 度ないし 36 度の所定角度偏位させて形成すると所望されるトルクを出力するとともに回転振動が低減される。

【0015】

【実施例】本発明に基づく環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータ（以下モータと略記する）の実施例を図を参照して詳細に説明する。
実施例 1：図 1 は本発明に基づく実施例 1 に説明するモータ例の断面図を、図 2 は図 1 に示すモータの一部をカットし、さらに一部を展開展長した斜視図を示している。図 1 においては、図 9、図 11、図 12 によって説明した従来例に相当する機能は同一の符号を使用している。ただし、図の配置方向は 90 度ずらしている。図 1、図 2 において、モータ 1 の本体部は固定子 10 と回転子 20 によって構成されている。固定子 10 は、それぞれが固定子相を形成する 3 組の単位固定子 11、1

2, 13から成りたっていて、第1の単位固定子11はその両先端部を相互に所定間隔を隔てて平行、かつ交互に組合わされるようにしてM対の極歯11a, 11bを設け、内部に環状コイル11cをボビン11dに巻き込んで環状に形成している。第2の単位固定子12は第1の単位固定子11と同様、その両先端部を相互に所定間隔を隔てて平行、かつ交互に組合わされるようにしてM対の極歯12a, 12bを設け、その内部に環状コイル12cをボビン12dに巻き込んで環状に形成している。また、第3の単位固定子13も同様にその両先端部を相互に所定間隔を隔てて平行、かつ交互に組合わされるようにしてM対の極歯13a, 13bを設け、その内部に環状コイル13cをボビン13dに巻き込んで環状に形成している。上述した各環状コイル11c, 12c, 13cはいずれも同一方向に巻かれている。

【0016】また、第1の単位固定子11に設けたM対の極歯11a, 11bを形成する間隔は、機械角で(180/M)度の機械的基準形成ピッチ、即ち、1対2個の極歯の配列を電気角360度を1ピッチとして、各極歯の電気磁氣的基準間隔である(1/2)ピッチの電気角180度に対して図2に示すように交互に(180-θ)度と(180+θ)度に偏位させて形成している。上述した角度θ度は詳細を後述するように、そのモータの仕様、例えばモータの出力トルクと回転時の振動を抑制する条件等の設計条件に対応して下記(1)式を満足するように設定する。

$$0 \leq \theta \leq 36 \text{ (度)} \cdots \cdots (1)$$

【0017】第2の単位固定子12に設けたM対の極歯12a, 12bおよび第3の単位固定子13に設けたM対の極歯13a, 13bもそれぞれ第1の単位固定子11に設けたM対の極歯11a, 11bと同一の配置関係、即ち、各極歯の基準間隔である電気角180度に対して(1)式を満足するように形成している。さらに、第1の単位固定子11に設けた極歯11aと、第2の単位固定子12に設けた極歯12aとは電気角で60度偏位させ、第2の単位固定子12に設けた極歯12aと、第3の単位固定子13に設けた極歯13aとは電気角で60度偏位させて構成している。

【0018】3組の単位固定子は、上述した条件を満足すれば各単位固定子のヨークを個別に形成し並べて固定しても、一体のヨーク内に適切に構成しても良い。図1, 図2においては、例えば磁性鉄板をプレス等で打抜き、さらに折曲げて両端部に極歯11a, 13bを設けて成形したヨーク10aの内部に、各固定子の機能を分離する、例えば磁性鉄板をプレス等で打抜き、さらに折曲げて前述した極歯をそれぞれに形成した中間部材10b, 10c, 10d, 10eを設けて構成した状態を示している。なおこれらの極歯構造は前述のように、クロールと呼ばれる。

【0019】上述した固定子10の内部空間に設けられ

た回転子20は、回転軸21が固定子10の中央両端に構成した軸受22a, 22bによって回転自在に軸支されている。回転軸21には中子23を介して表面を上述した固定子の極歯の形成機械角度に対応する所定ピッチでM対のN極とS極を交互に着磁した円筒磁石24が構成されている。

【0020】第1の単位固定子(以下固定子と略記する)11の環状コイル(以下コイルと略記する)11cの巻終わり部Uと第2の固定子12のコイル12cの巻始め部Vおよび第3の固定子13のコイル13cの巻終わり部Wは相互に接続し、第1の固定子11のコイル11cの巻始め部Uと第2の固定子12のコイル12cの巻終わり部Vおよび第3の固定子13のコイル13cの巻始め部Wはそれぞれ電流の入力線として引出されている。即ち、このモータ1の各コイルはスター結線に接続しているが、従来の技術で図9によって示したように各コイルの巻終わり部U, V, Wを接続したスター結線の接続とは相違し、3端子入力による駆動を可能にするために、一つのコイルを逆接続にしている。即ち、本実施例では、第2の固定子12のコイル12cの巻始め部を他のコイルの巻終わり部に接続されている。

【0021】次に、このモータ1の電流供給の実施例1を図3, 図4によって説明する。図3にはモータ1の電流供給回路例を示して図3における要素機能の符号は上述した図1, 図2と共通である。また各コイルの端子部の横に記した丸印はそのコイルの巻始め部を示している。図3において、第1の固定子11のコイル11cの巻始め部Uの引出し線は所定の電源回路BとグランドGとの間に直列に接続したスイッチング素子T1とT2との接続点に接続されている。同様に、第2の固定子12のコイル12cの巻終わり部Vの引出し線は所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T3とT4との接続点に接続され、第3の固定子13のコイル13cの巻始め部Wの引出し線は所定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング素子T5とT6との接続点に接続されている。上述のスイッチング素子はトランジスタ又はサイリスタのような半導体を使用し、それぞれの制御回路はその素子の特性に対応して構成するが、図示は省略している。

【0022】今、第1の固定子11のコイル11cの巻始め部Uに接続するスイッチング素子T1と第2の固定子12のコイル12cの巻終わり部Vに接続するスイッチング素子T4を導通すると、第1の固定子11のコイル11cと第2の固定子12のコイル12cには図3に記入した矢印のように電流が流れ、第1の固定子11の極歯11aはN極に、極歯11bはS極に、第2の固定子12の極歯12aはN極に、極歯12bはS極にそれぞれ励磁される。従って、回転子20は回転して円筒磁石24の磁極が図3に示す位置で静止する。

【0023】図4に各スイッチング素子を導通する順序

例、図5に各スイッチング素子が導通されて各コイルに通電され固定子の各極歯が励磁されることによって回転子が回転する状況を示している。図4の横方向に示す欄には各スイッチング素子の符号を示し、縦方向には各スイッチング素子を導通する時間的順序を番号で示し、縦横交点の欄に丸印を記すスイッチング素子が縦方向の番号順で順次導通されることを示している。即ち、例えば、最上段の番号1においては、前述したように第1の固定子11のコイル11cに接続するスイッチング素子T1と第2の固定子12のコイル12cに接続するスイッチング素子T4が導通されるタイミングを示している。

【0024】図5は図4に示すように順次各固定子の極歯が励磁され、回転子の磁極が吸引される位置を示している。各固定子のコイルは図3、図4によって示したように2個の固定子が組合わされて励磁されるが、説明の便宜上図5には1個の固定子のみが励磁された状態を示している。図5は上段から順次、(1)は第1の固定子11が励磁された状態、(2)は第2の固定子12が励磁された状態、(3)は第3の固定子13が励磁された状態、(4)は第1の固定子11が逆方向に励磁された状態、即ち、第1の固定子のコイル11cに逆方向に通電された状態、(5)は第2の固定子12が逆方向に励磁された状態、(6)は第3の固定子13が逆方向に励磁された状態をそれぞれ示めしている。各状態において、上段は固定子の励磁された極歯の極性を記し、下段には励磁された固定子によって吸引された回転子の磁極位置を示している。また、各極歯の相互の関係位置を電気角で記している。即ち、前述したように、各固定子の極歯の配置は電気角の1/2ピッチである180度を基準にして交互に(180-θ)度と(180+θ)度に形成している。また、各固定子の極歯関係位置は相互に60度の電気角偏位させている。回転子の各磁極の異極間のピッチは電気角で180度である。前述したように各固定子に設けた極歯の対数をMとして、電気角の18*

$$i_u = I \sin(\omega t) \dots\dots\dots (4a)$$

$$i_v = I \sin[(\omega t - (2\pi/3))] \dots\dots\dots (4b)$$

$$i_w = I \sin[(\omega t - (4\pi/3))] \dots\dots\dots (4c)$$

$$T = (3/2) K I P_0 \{K_1 \cos(\theta - \omega t) - K_5 \cos(5\theta + \omega t) + K_7 \cos(7\theta - \omega t) \dots\dots\dots (5)$$

(5)式における第1項は基本波であり負荷を駆動するトルクであるが、定数 K_5 のかかる第2項と、定数 K_7 のかかる第3項とは振動を誘起するトルクであって、第2項と第3項の存在は振動騒音の原因となる。一般に、高調波の次数が高くなると、その振幅は小さくなり、 K_5 ※

$$P_5 = K' \cos 5(\theta_0/2) \dots\dots\dots (6)$$

(6)式において K' は定数であって、 θ_0 は実施例の説明で述べた前述の(1)式で与えられる各極歯の偏位角 θ の設定角度である。(6)式において $\theta_0 = 36$ 度

*0度は機械角の(180/M)度に対応する。

【0025】前述したように、例えば、第1の固定子11と第2の固定子12が同時に励磁されると、回転子20のS極は第1の固定子11に形成されるN極と第2の固定子12に形成されるN極の中間位置に吸引され、静止する。従って、図4によって前述したように各スイッチング素子を順次導通して各コイルを順次通電することにより、各固定子の極歯に形成される磁極が順次移動して回転子の磁極を吸引し、回転させる。即ち、図4に示すように最上段の番号1から下段に向けて丸印を記したスイッチング素子を、このモータ1を回転させる回転速度に対応する切換速度で順次導通することによって各コイルが順次通電されることにより、各固定子の極歯に形成される磁極が切換速度で移動し、回転子20の静止位置が連続的に変化し、モータ1は回転する。

【0026】次に、前述したように固定子の極歯の配置間隔を交互に(180-θ)度と(180+θ)度偏位させた場合の働きを説明する。3相永久磁石ステッピングモータのギャップパーミアンス $P(\theta)$ は奇数次のみの高調波成分で次の(2)式のように表すことができる。

$$P(\theta) = P_0 (K_1 \sin \theta + K_3 \sin 3\theta + K_5 \sin 5\theta + K_7 \sin 7\theta) \dots\dots\dots (2)$$

(2)式において P_0 、 K_1 、 K_3 、 K_5 、 K_7 はそれぞれ定数である。また、トルク T は次の(3)式によって得られる。

$$T = K i P(\theta) \dots\dots\dots (3)$$

(3)式において K は定数であり、 i は励磁電流である。励磁電流 i が次の(4a)式、(4b)式、(4c)式を満足する3相平衡電流(例えば、マイクロステップの高分割によって形成される等)であるとし、(2)式、(4a)式、(4b)式、(4c)式を(3)式に代入して整理すると次の(5)式が得られる。

※ K_7 なので第2項の方が第3項よりも大きい成分値になっている。(5)式においては、(2)式に含まれていた第3次高調波は、含まれていない。

【0027】ところで、図5の(1)に示す条件でパーミアンスの第5次成分を求めると、1極歯の第5次高調波パーミアンス P_5 は次の(6)式によって表わされる。

とすると、(6)式は0になって振動の原因になる第5次の高調波成分が消去される。同様に、 $\theta_0 = 25.9$ 度とすると、振動の原因になる第7次のパーミアンスが

0になる。即ち、実施例1で前述した固定子の極歯の配置に設定する偏位角度 θ を36度又は25.9度にする
とモータ1は低振動になる。従って、第3次高調波が現
れる2相モータ等において、上述した設定各度 θ_0 を6
0度に設定する必要があるが、3相モータにおいては、
固定子それぞれに設けたM対の極歯の配置間隙を、機械
角で(180/M)度の基準形成ピッチに対して電気角
で36度以下の適切な偏位値に設定することによって振
動の少ない適切なトルクを出力するモータが得られる。
即ち、前述した(5)式の第1項に示すように設定各度
 θ_0 が小さいほど基本波パーミアンスを大きくして大き
なトルクを得ることができる。

【0028】実施例2：次に、上述した図1、図2に示
したモータ例の各コイルをデルタ結線に接続した実施例
2を図6、図7によって説明する。実施例2は図1、図
2に示したモータ1と同一構造のモータにおいて、図3
に示したスター結線接続をデルタ結線接続に変換したも
のである。従って、モータ1の電流供給回路例を示す図
6は前述した図3に対応させて同一の符号を使用し、各
コイルに電流を供給するための各スイッチング素子を導
通する順序を示す図7は前述した図4に対応して示して
いる。図6において、第1の固定子11のコイル11c
の巻始め部Uの引出し線と第2の固定子12のコイル1
2cの巻始め部Vの引出し線は相互に接続して所定の電
源回路BとグランドG間に直列に接続したスイッチング
素子T1とT2との接続点に接続されている。同様に、第
1の固定子11のコイル11cの巻終わり部Uの引出し
線と第3の固定子13のコイル13cの巻始め部Wの引
出線とは相互に接続して所定の電源回路BとグランドG
間に直列に接続したスイッチング素子T3とT4との接続
点に接続されており、第2の固定子12のコイル12c
の巻終わり部Vの引出し線と第3の固定子13のコイル
13cの巻終わり部Wの引出し線とは相互に接続して所
定の電源回路BとグランドG間に直列に接続したスイ
ッチング素子T5とT6との接続点に接続されている。

【0029】図6に示す接続において、図7に示す順序
で各スイッチング素子を導通することによりモータ1は
実施例1と同様に回転する。即ち、例えば、図7の最上
段に示すように、3個のスイッチング素子T1、T4、T
6を導通すると、第1の固定子11のコイル11cと第
2の固定子12のコイル12cには図6に記入した矢印
のように電流が流れて、第1の固定子11の極歯11a
はN極に、極歯11bはS極に、第2の固定子12の極
歯12aはN極に、極歯12bはS極にそれぞれ励磁さ
れる。従って、回転子20は回転して円筒磁石24の磁
極が図6に示す位置で静止する。従って、図7に示すよ
うに最上段の番号1から下段に向けて丸印を記したスイ
ッチング素子を、このモータ1を回転させる回転速度に
対応する切換速度で順次導通することによって各コイル
が順次通電されることにより、各固定子の極歯に形成さ

れる磁極が切換速度で移動し、前述した回転子20の静
止位置が連続的に変化し、モータ1は回転する。

【0030】実施例3：実施例1および実施例2におけ
るモータの構造は、図2に示したように回転子の各磁極
が回転子の回転軸に平行に形成され、3個の固定子の各
極歯は回転子の磁極を基準にして相互に60度偏位させ
て形成されている。本実施例は、図8に示すように、3
個の固定子の各極歯は偏位させないで同一位置にくるよ
うに構成し、回転子の磁極が固定子の極歯に対して基準
位置で60度ずつ偏位するようにスキューさせて形成し
ている。図8に示す要素機能で図2と同一又は相当の要
素機能は同一の符号を使用している。即ち、図8におい
て、実施例3のモータ1Aは固定子10Aと回転子20
Aによって構成され、固定子10Aは3個の単位固定子
11A、12A、13Aから成りたっていて、第1の単
位固定子11Aにはクローボールを形成するM対の極歯
11Aa、11Abを設け、内部に環状コイル11cを
巻き込んで環状に形成している。同様に、第2の単位固
定子12Aは第1の単位固定子11Aと同様、M対の極
歯12Aa、12Abを設け、その内部に環状コイル1
2cを巻き込んで環状に形成しており、第3の単位固定
子13AはM対の極歯13Aa、13Abを設け、その
内部に環状コイル13cを巻き込んで環状に形成してい
る。

【0031】第1の単位固定子11Aに設けた各極歯、
第2の単位固定子12Aに設けた各極歯、第3の単位固
定子13Aに設けた各極歯はそれぞれこのモータ1Aの
軸方向に向けて同一位置にくるように構成されている。
また、各単位固定子に設けたM対の極歯を形成する間隔
は、機械角で(180/M)度の機械的基準形成ピッチ
(電気角で180度)に対して電気角で、交互に(18
0- θ)度と(180+ θ)度に偏位させて形成してい
る。上述した角度 θ 度は、実施例1、実施例2と同様、
前記(1)式を満足するように設定する。

【0032】上述した固定子10Aの内部空間に設けら
れた回転子20Aの回転軸21には中子23を介して、
表面を固定子の極歯の形成機械角度に対応する所定ピッ
チでN極とS極を交互に着磁した円筒磁石24Aが構成
されている。回転子の磁極は単位固定子11A、12
A、13Aの各極歯に対する位置で電気角で60度ずつ
偏位させるか、それと等価になるようスキューさせて形
成している。

【0033】上述した構造のモータ1Aは、図3又は図
6に示したのと同様に各コイルとコイルに通電するスイ
ッチング素子の回路を構成し、図4又は図6に示したよ
うに各スイッチング素子を順次導通することによって実
施例1、実施例2と同様に回転する。また、角度 θ も実
施例1、又は実施例2と同様に適宜選択することによっ
て実施例1、又は実施例2と同様の動作特性が得られ
る。

【0034】上述した各実施例の説明は、本発明に基づく基本構成を記したものであって、上述した技術思想を適用して任意適切に応用改変しても良いことは当然である。例えば、実施例 1 と実施例 2 は回転子の各磁極を回転子の回転軸に平行に形成して、3 個の固定子の各極歯は回転子の磁極を基準にして相互に 60 度偏位させるようにし、実施例 3 では 3 個の固定子の各極歯は偏位させないで同一位置にくるように構成し、回転子の磁極が固定子の極歯に対して基準位置で 60 度偏位するように説明したが、回転子の各磁極が回転子の回転軸に対して所定各度で傾斜するようにスキューさせ、3 個の固定子の各極歯は回転子のスキューされた磁極を基準にして相互に 60 度偏位させるように形成するようによっても良い。また、回転子の磁極は固定子の極歯位置に対応させて、スキューではなく回転軸に平行な 3 個の磁極に分割して形成するようによっても良い。また、各コイルとスイッチング回路との接続とスイッチング順序の設定によって、スター・デルタ結線で 3 相励磁、又は 2 相-3 相励磁で駆動することも可能である。また、3 相のコイルの内の 1 個を逆方向に接続するには、実施例の説明では第 2 の単位固定子のコイルを逆接続にするように説明したが、スイッチング回路の構成と導通条件とも対応させて、その他のコイルを逆接続しても良く、それにはコイルの 1 個を逆方向に巻いても、モータ内部でコイルの引出線を設定しても、モータの外部回路で接続しても良いことも当然である。

【0035】実施例 4：本発明による図 1 に示すような結線による 3 端子駆動方式のステッピングモータの内部は、図 2 に示すように構成されていると説明したが、これと同等の効果が得られる本発明の実施例 4 を説明する。本実施例の構成の図示は省略するが、図 2 を用いてその構成を説明すると、同図において単位固定子 12 の極歯 12a と極歯 12b の位置を入れ替え、単位固定子 11、13 の固定子の方は図 2 のままとするものである。即ち、図 2 に示す実施例 1 のものでは、極歯 12a は極歯 11a に対し 60 度偏位しているが、本実施例のものでは極歯 11a に対し極歯 12b を 60 度偏位させるようにしたものであり、従って極歯 11b に対し極歯 12a も 60 度偏位することになる。この場合は、図 1 に示したような単位固定子 12 のコイルである V 相を逆に結線（U 相、W 相の巻終わりと V 相の巻始めを短絡）をしなくてもよく、普通のスター結線である各相の巻終わり同士を短絡し、各相の巻始めを入力端とすればよい。同様に、デルタ結線も通常の結線である任意の相の巻終わりと次相の巻始めを順次環状に結合し、その 3 つの結合点を入力端とすれば図 1～図 8 で示した動作が同様に可能となる。図 2 において、回転軸 21 に符号 21 を付した同図の上側を、出力軸側とすれば、11a、12a、13a が各相の出力軸側極歯、11b、12b、13b が反出力軸側極歯と呼ぶことができるので、本実

施例の構成はこのような表現によって請求項 2 等で表現されている。

【0036】

【発明の効果】本発明は上述したように構成したので、次に示すような優れた効果を有する。

①環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータにおいて、1 つのコイルを他のコイルに対して巻方向を逆方向に接続するようにしたので、従来のこの種永久磁石ステッピングモータの給電回路のように 6 回路設ける必要がなく 3 回路ですむので、安価に構成できるようになった。

②本発明を適用する永久磁石ステッピングモータが環状コイル式 3 相クロール式のためハイブリッド形ステッピングモータ等に比べて安価であり、しかも、駆動回路の構成が 3 端子に対応すれば良いので、全体のコストが安価に実現できる。

③固定子に設ける極歯の基準位置からの偏位角度 θ を適切に設定することによって所望されるトルクを得る条件において低振動にすることができる。

④本発明を適用するステッピングモータが環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータであり、環状コイル式 2 相クロール式永久磁石ステッピングモータに比べて、低振動で安価な駆動システムが構成できる。

⑤本発明を適用するステッピングモータが環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータなので、2 相機に比べて回転時のトルク変動が小さく、コストパフォーマンスの高いアクチュエータとなり得る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に基づく環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータの断面図である。

【図 2】本発明に基づく環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータの構造を説明する実施例 1 および 2 に対応する環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータの要部を展開して示した斜視図である。

【図 3】図 1、図 2 に示した環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータのコイルを、スター接続した実施例 1 における駆動回路の概略回路構成図である。

【図 4】図 3 に示す駆動回路において、この駆動回路を構成するスイッチング素子の作動順序を示す説明図である。

【図 5】図 3 に示す駆動回路と図 4 に示す各スイッチング素子の作動順序に対応する、スイッチング素子の作動によって、回転子の磁極が固定子の極歯に対して移動する状況を示す説明図である。

【図 6】図 1、図 2 に示した環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータのコイルをデルタ接続した実施例 2 における駆動回路の概略構成図である。

15

【図 7】図 6 に示す駆動回路において、この駆動回路を構成するスイッチング素子の作動順序を示す説明図である。

【図 8】本発明に基づく実施例 3 における環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータの構造を説明する環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータの要部を展開して示した斜視図である。

【図 9】3 相式ハイブリッド形ステッピングモータの電気磁気機能を説明する駆動回路を含む機能説明図であって、同図 (A) は駆動回路を含む機能説明図、同図

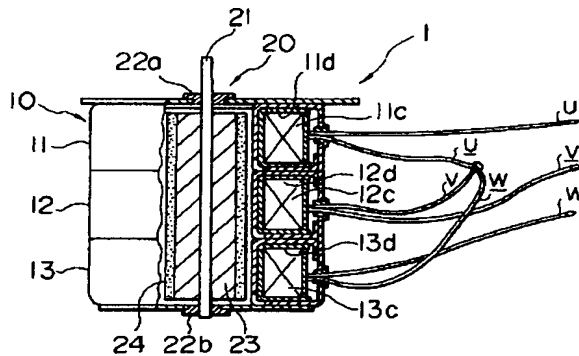
(B) は同図 (A) に示すコイル通電条件の次の通電ステップにおける回転子の移動状況を示す機能説明図である。

【図 10】図 9 に示す駆動回路において、この駆動回路を構成するスイッチング素子の作動順序を示す説明図である。

【図 11】環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータの略半部縦断正面図に、従来の駆動回*

20

【図 1】



- 1: モータ(環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータ)
 10: 固定子
 11, 12, 13: 固定子 (単位固定子)
 11a, 11b, 12a, 12b, 13a, 13b: 極歯
 11c, 12c, 13c: 環状コイル
 20: 回転子
 24: 円筒磁石

16

* 路を合成した環状コイル式 3 相クロール式永久磁石ステッピングモータの駆動機能の説明図である。

【図 12】環状コイル式 2 相クロール式永久磁石ステッピングモータの略半部縦断正面図に、駆動回路を合成した環状コイル式 2 相クロール式永久磁石ステッピングモータの駆動機能の説明図である。

【符号の説明】

1, 1A: モータ

10, 10A: 固定子

11, 12, 13, 11A, 12A, 13A: 単位固定子

11a, 11b, 12a, 12b, 13a, 13b, 11Aa, 11Ab, 12Aa, 12Ab, 13Aa, 13Ab: 極歯

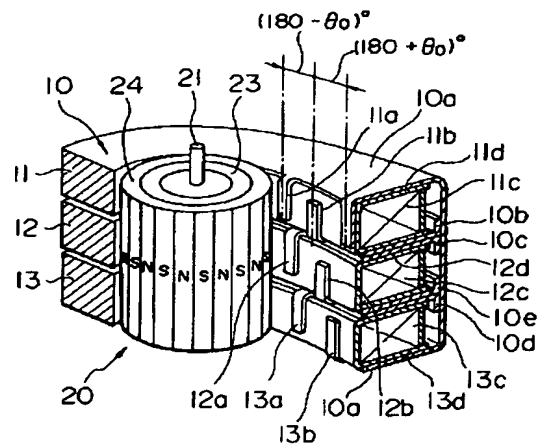
11c, 12c, 13c, 11Ac, 12Ac, 13Ac: 環状コイル

20, 20A: 回転子

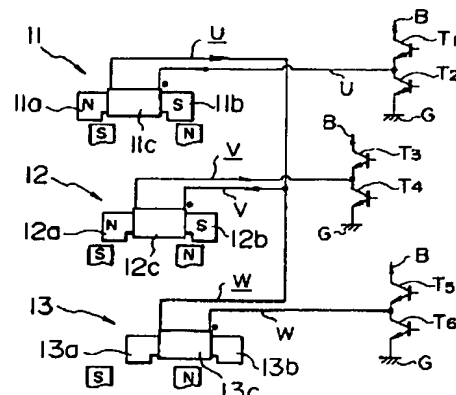
24, 24A: 円筒磁石

T1, T2, T3, T4, T5, T6: スwitching 素子

【図 2】



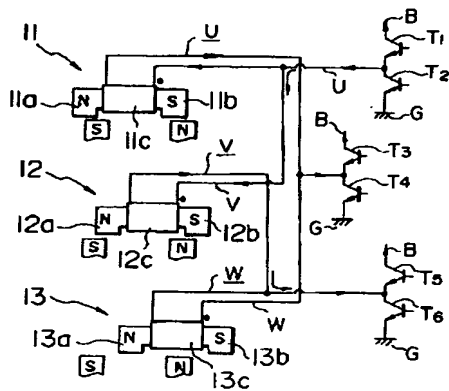
【図 3】



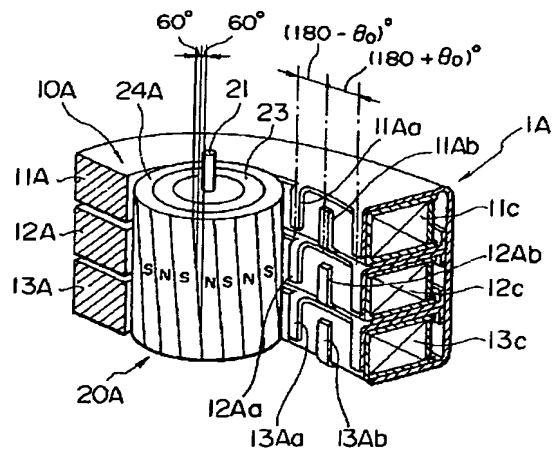
【図4】

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	○			○		
2				○	○	
3		○			○	
4		○	○			
5			○			○
6	○					○

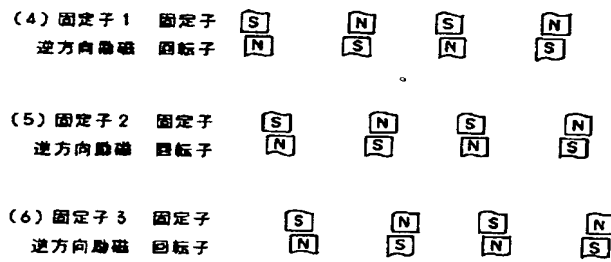
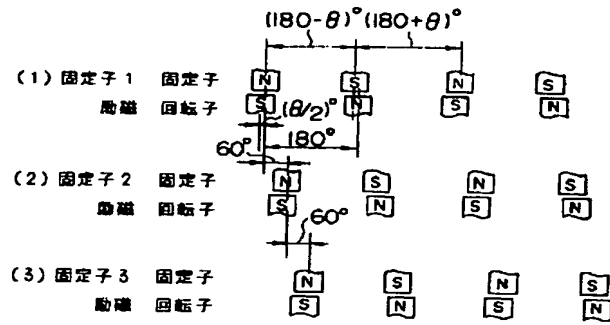
【図6】



【図8】



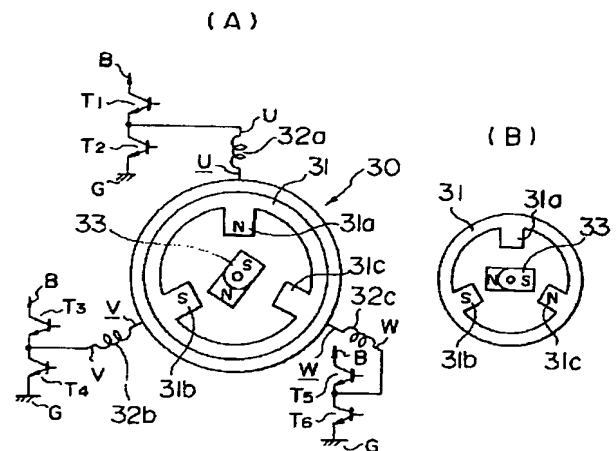
【図5】



【図7】

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆
1	○			○		○
2	○		○			○
3		○	○			○
4		○	○		○	
5		○		○	○	
6	○			○	○	

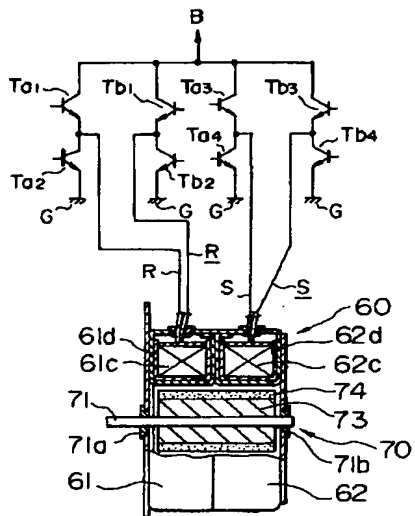
【図9】



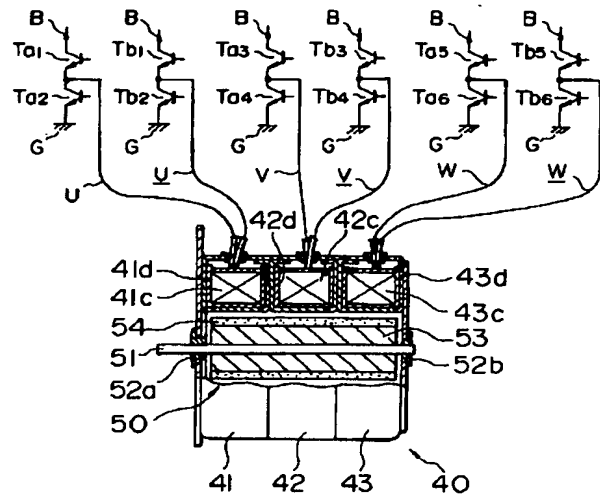
【図10】

	T1	T2	T3	T4	T5	T6
1	○			○		
2				○	○	
3		○			○	
4		○	○			
5			○			○
6	○					○

【図12】



【図11】





THIS PAGE BLANK (USPTO)